

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Dezember 2003 (11.12.2003)

PCT

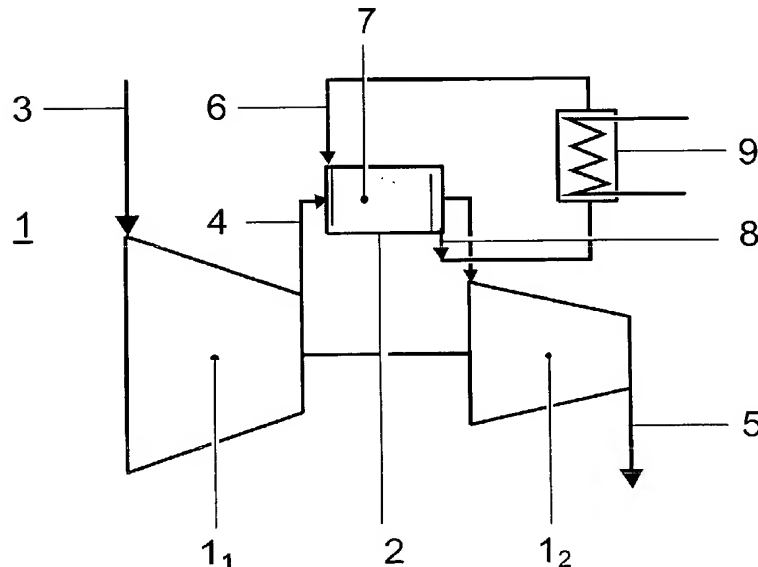
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/102424 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F04D 29/58**, (72) Erfinder; und
F02C 7/143, 6/16 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DÖBBELING, Klaus**
[DE/CH]; Spitzmattstrasse 201, CH-5210 Windisch (CH).
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/50180 **JIMENEZ, HÄRTEL, Carlos** [DE/CH]; Widmerstrasse
91, CH-Zürich 8038 (CH).
(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Mai 2003 (20.05.2003) (74) Gemeinsamer Vertreter: **ALSTOM (SWITZER-**
LAND) LTD; CHSP Intellectual Property, Brown Boveri
Str. 7/699/5, CH-5401 Baden (CH).
(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO,
RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A COMPRESSOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES VERDICHTERS



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a compressor (1). A gaseous medium (3) is compressed in the first compressor stage (1₁). The partially compressed medium (4) is conducted from the first compressor stage (1₁) to an intercooler (2), where it is cooled prior to being conducted to the second compressor stage (1₂), where it is further compressed. According to the invention, a liquid medium (6) is sprayed into the gaseous medium (4) in the intercooler (2), in such a way that a two-phase mixture comprising a liquid and a gaseous phase is produced in said intercooler (2). The liquid phase is separated again, prior to entry in the second compressor stage (1₂).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/102424 A1



(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Es ist ein Verfahren zum Betreiben eines Verdichters (1) offenbart. Ein gasförmiges Medium (3) wird in der ersten Verdichterstufe (1₁) verdichtet. Das teilverdichtete Medium (4) wird aus der ersten Verdichterstufe (1₁) in einen Zwischenkühler (2) geleitet und dort gekühlt, bevor es in die zweiten Verdichterstufe (1₂) geleitet und dort weiter verdichtet wird. Erfindungsgemäss wird im Zwischenkühler (2) ein flüssiges Medium (6) in das gasförmige Medium (4) eingespritzt wird, so dass im Zwischenkühler (2) ein Zweiphasen-Gemisch mit einer flüssigen und einer gasförmigen Phase entsteht. Die flüssige Phase wird vor dem Eintritt in die zweite Verdichterstufe (1₂) wieder abgeschieden.

Verfahren zum Betreiben eines Verdichters

TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Verdichters gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

STAND DER TECHNIK

Es sind aus dem Stand der Technik zwei unterschiedliche Verfahren zur Leistungssteigerung von Gasturbinen bekannt, die auf einer Kühlung des Luftmassenstroms beruhen. Eine Kühlung des Luftmassenstroms, der von der Gasturbine aufgenommen wird, führt zu einer erhöhten Leistungsabgabe der Maschine. Die Gründe hierfür sind zum einen der durch die Kühlung erhöhte Massenstrom an Luft, sowie die Verringerung der Leistungsaufnahme eines Kompressors bei geringeren Eintrittstemperaturen. Grundsätzlich sind zwei Arten der Kühlung bekannt: eine Kühlung der Eintrittsluft, welche in den Verdichter strömt, und eine Zwischenkühlung zwischen zwei getrennten Verdichterstufen.

Zur Eintrittskühlung werden unterschiedliche Techniken eingesetzt, u.a. sind dabei Verfahren bekannt, die mit einer Wassereinspritzung arbeiten. Bei Einspritzung von wenig Wasser (typischerweise $<1\%$ des Luftmassenstroms), das vollständig verdampft, wird die Kühlung durch Aufnahme von Verdampfungswärme erreicht. Ande-

rerseits ist auch eine Kühlung durch die Aufnahme fühlbarer Wärme im direkten Kontakt von Luft und Wasser möglich. Dies ist in der Offenlegungsschrift DE-A1-199 13 681 vorgeschlagen worden. Um eine merkliche Kühlung zu erreichen, sind hierbei relativ grosse Wassermengen erforderlich, sowie eine grosse Kontaktfläche zwischen flüssiger Phase und zu kühlender Luft. Dies kann am besten durch eine Zerstäubung des Wassers in feine Tropfen erreicht werden. In DE-A1-199 13 681 wird dafür beispielhaft ein Rieselkühler vorgeschlagen. Zu bemerken ist noch, dass auch in dieser Art der Kühlung eine zusätzliche Kühlung durch teilweise Verdampfung des Wasser auftreten kann. Ob Verdampfung auftritt, ist abhängig von der erreichten Endtemperatur. Liegt diese hinreichend tief, geht kein weiteres Wasser in die dampfförmige Phase über. Es ist dann sogar möglich, Wasser aus der angesaugten Luft auszukondensieren.

Der Einsatz von Wasser zur Eintrittskühlung beschränkt die Anwendbarkeit der Methode auf hinreichend warme Umgebungstemperaturen, bei denen keine Gefahr der Vereisung besteht (ca. $>10^{\circ}\text{C}$). In entsprechenden Wärmetauschern mit indirekter Kühlung (Wasser und Luft kommen nicht in direkten Kontakt) hat man grundsätzlich die Möglichkeit, der Eisbildung durch die Zugabe von Frostschutzmitteln zu begegnen; diese Möglichkeit besteht bei einer direkten Einspritzung des Wassers in den Luftstrom nicht.

Eine Zwischenkühlung der Luft während der Kompression, wie sie aus DE-A1-42 37 665 bekannt ist, verringert die Leistungsaufnahme eines Turboverdichters in Folge Verringerung der Kompressionsarbeit. Im Gegensatz zur Eintrittskühlung wird hierbei aber keine Vergrösserung des Luftmassenstroms erzielt. In den meisten Fällen werden für die Zwischenkühlung klassische Wärmetauscher eingesetzt. In letzter Zeit gibt es aber verstärkt Bemühungen, die gewünschte Kühlung durch Einspritzen von Wasser zu erreichen. Dies ist beispielhaft aus EP-A1-0 770 771 bekannt. Hierbei wird bisher ausschliesslich das Konzept einer Kühlung durch Verdampfung verfolgt, bei der dem Luftstrom fein atomisiertes, demineralisiertes Wasser zugegeben wird. Dies geschieht entweder im Innern des Kompressors zwischen einzelnen Verdichterstufen

(sogenanntes „spray intercooling“), oder bereits stromauf des Kompressors im Lufteinlass. Die zugegebene Menge Wasser ist in diesen Anwendungen normalerweise klein, sie liegt zwischen 0.5% und 1.5% des Massenstroms an Luft. Die Kühlung der Luft geschieht dabei nahezu ausschliesslich durch Aufnahme von Verdampfungswärme durch das Wasser, der Austausch von fühlbarer Wärme zwischen Gas und flüssigem Wasser spielt dagegen praktisch keine Rolle.

Ein erheblicher Nachteil der Zwischenkühlung durch Verdampfung ist der Wasserverlust. Das eingespritzte flüssige Wasser lässt sich in den meisten Fällen aus dem Abgas nicht mehr wirtschaftlich zurückgewinnen und wird an die Atmosphäre abgegeben. Vor allem in Regionen mit Wassermangel kann dies ein erhebliches Problem darstellen. Bei dieser Art der Zwischenkühlung ergeben sich zudem noch technische Probleme durch die Anwesenheit von flüssigem Wasser in der Verdichterbeschaufelung. Dies kann zu Erosion und Korrosion führen, sowie die aerodynamischen Eigenschaften der Schaufeln verändern.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Verdichters anzugeben, mit welchem auf einfache Weise der Wirkungsgrad erhöht werden kann, wobei die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile vermieden werden.

Erfindungsgemäss wird die Aufgabe durch ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass im Zwischenkühler ein flüssiges Medium in das gasförmige Medium eingespritzt wird, so dass sich im Zwischenkühler eine Zweiphasenströmung mit einer flüssigen und einer gasförmigen Phase bildet, wobei das gasförmige Medium durch eine Wärmeübertragung von dem gasförmigen Medium auf das flüssige Medium gekühlt wird, und dass vor dem Eintritt in die nachfolgende Verdichterstufe die flüssige Phase abgeschieden wird.

Die Kühlung durch eine Einspritzung von Wasser wird nicht oder nicht ausschliesslich durch Aufnahme von Verdampfungsenergie bewirkt, sondern die Aufnahme von fühlbarer Wärme, d.h. eine Temperaturerhöhung des flüssigen Mediums, leistet einen wesentlichen Beitrag.

Um den gewünschten Wärmeübergang durch den direkten Kontakt von der flüssigen und der gasförmigen Phase im Zwischenkühler zu erreichen, ist eine Atomisierung des Wassers in möglichst feine Tropfen während der Einspritzung erforderlich. So kann das flüssige Medium beim Einspritzen in den Zwischenkühler beispielsweise in Tropfen mit einer Tropfengrösse von kleiner 100 µm zerstäubt werden.

Vorteilhaft kann die aus dem Zwischenkühler abgeschiedene flüssige Phase wieder verwendet werden, indem sie in einem Kühler rückgekühlt und dann erneut in den Zwischenkühler eingespritzt wird.

Zudem ist es für die Erfindung von Vorteil, wenn die dargestellte Zwischenkühlung durch Wassereinspritzung nach dem Niederdruckteil des Verdichters bei einem Druckniveau unterhalb von 3bar stattfindet. Dieses ist wichtig, um trotz der Wärmeabgabe nach aussen grössere Wirkungsgradverluste der Gesamtanlage zu vermeiden. Um eine ausreichende Kühlung sicherzustellen, sollte dabei vorteilhaft das flüssige Medium in dem Zwischenkühler mit einer Temperatur von unter 5° C eingespritzt werden.

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung handelt es sich bei dem gasförmigen Medium um Luft, welche in dem Verdichter verdichtet wird, und bei dem eingespritzten, flüssigen Medium um Wasser, welches in dem Zwischenkühler eingespritzt wird.

KURZE ERLÄUTERUNG DER ZEICHNUNG

Die Erfindung wird anhand der beigefügten Figuren illustriert, wobei

- Fig. 1** ein Ausführungsbeispiel eines Verdichters mit einem erfindungsgemässen Zwischenkühler und
- Fig. 2-4** die zeitliche Entwicklung von Tropfentemperatur T_w , Lufttemperatur T_L und Dampfgehalt F in einem Wasser-Luft-Gemisch bei verschiedenen Tropfendurchmessern von 10, 30 und 100 μm zeigt.

Es werden nur die für die Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt. Gleiche Elemente werden in verschiedenen Figuren gleich bezeichnet.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Wie aus der Figur 1 hervorgeht, bezieht sich die Erfindung auf einen Verdichter 1 mit einem Zwischenkühler 2, welcher zwischen zwei Verdichterstufen 1_1 , 1_2 angeordnet ist. Eintrittsluft 3 strömt in die erste Verdichterstufe 1_1 , welche den Niederdruckteil des Verdichters 1 darstellt. Die aus der Verdichterstufe 1_1 abgeleitete teilverdichtete Luft 4 wird in dem Zwischenkühler 2 gekühlt, bevor sie weiter in der zweiten Verdichterstufe 1_2 zu einem bestimmten Enddruck verdichtet wird. Die endverdichtete Luft 5 wird dann beispielsweise in die nicht dargestellte Brennkammer einer Gasturbine eingeleitet oder zu einem anderen, geeigneten Zweck verwendet.

Erfindungsgemäss wird die Zwischenkühlung im Zwischenkühler 2 durch eine Einspritzung von Wasser 6 durchgeführt, so dass die Kühlung nicht oder nicht ausschliesslich durch Aufnahme von Verdampfungsenergie bewirkt wird, sondern die Aufnahme von fühlbarer Wärme einen wesentlichen Beitrag leistet. Die Zugabe von Wasser 6 findet dabei in einem geeigneten Einbau nach der ersten Verdichterstufe 1_1 , also nach dem Niederdruckteil des Verdichters, statt. Im Zwischenkühler entsteht so eine Zweiphasenströmung 7 mit einer Gas- und einer Flüssigkeitsphase. Vor dem Eintritt in die nächste, stromabliegende Verdichterstufe 1_2 wird die flüssige Phase abgeschieden, während die Gasphase darin weiter verdichtet wird. Dies kann durch einen Tropfenabscheider geschehen. Das abgeschiedene Wasser 8 wird im Kühler 9 rückgekühlt und dann erneut in den Zwischenkühler 2 eingespritzt. Als Kühler 9 ist

eine Kältemaschine oder eine andere, geeignete Wärmesenke (z.B. Verdampfung von verflüssigtem Erdgas) denkbar. Es ist auch denkbar, diese Art der Kühlung mit Wassereinspritzung und -abscheidung mehrfach während des Verdichterprozesses einzusetzen.

Selbstverständlich ist der Erfindung nicht auf Luft und Wasser beschränkt, sondern bezieht sich allgemein auf die Verdichtung eines gasförmigen Mediums mit einer Einspritzung eines flüssigen Mediums.

Durch dieses Vorgehen werden die technischen Schwierigkeiten einer 2-Phasen-Kompression im Verdichter 1 vermieden. Durch die am Einspritzort herrschenden höheren Temperaturen nach der Teilverdichtung wird die im Stand der Technik genannte Einschränkung bei der Eintrittskühlung auf günstige klimatische Bedingungen vermieden. Zudem ist es für die Erfindung von Vorteil, wenn die dargestellte Zwischenkühlung durch Wassereinspritzung nach dem Niederdruckteil des Verdichters 1 bei einem Druckniveau unterhalb von 3bar stattfindet. Dieses ist wichtig, um trotz der Wärmeabgabe nach aussen grössere Wirkungsgradverluste der Gesamtanlage zu vermeiden. Hierzu ist es sinnvoll, die Energieabgabe auf einem Temperaturniveau vorzunehmen, das unter der Temperatur des Abgases der gesamten Anlage liegt. In einem Kombikraftwerk liegt die Temperatur des Abgases typischerweise um 90°C. Um eine ausreichende Kühlung sicherzustellen, sollte dabei vorteilhaft das flüssige Medium in dem Zwischenkühler mit einer Temperatur von unter 5° C eingespritzt werden.

Der gewünschte Wärmeübergang im Zwischenkühler 2 im direkten Kontakt von Wasser und Luft setzt eine ausreichend grosse Kontaktfläche zwischen den beiden Phasen innerhalb der Zweiphasenströmung 7 voraus. Dies erfordert eine Atomisierung des Wassers in möglichst feine Tropfen während der Einspritzung. Einen Eindruck vom Einfluss der Tropfengrösse auf die Zustandsänderungen der flüssigen und gasförmigen Phase geben die Kurven in den Fig. 2 bis 4. Gezeigt sind dort die zeitlichen Änderungen von Wassertemperatur T_w (Fig. 2), Lufttemperatur T_L (Fig. 3) und

Dampfgehalt F (Fig. 4) in einem Luft-Wasser-Gemisch, bei dem die Anfangstemperatur des Wassers $T_w=40^\circ\text{C}$ beträgt, die Anfangstemperatur der Luft $T_L=120^\circ\text{C}$ und der Systemdruck $p=2.5\text{bar}$. Dargestellt sind Ergebnisse für drei verschiedene Tropfengrößen d von $10\mu\text{m}$, $30\mu\text{m}$ und $100\mu\text{m}$. Das Massenverhältnis von Luft zu Wasser ist auf 1 gesetzt, der Dampfgehalt F der Luft zu Beginn entspricht einer relativen Feuchte von ca. 50% bei Umgebungsdruck und Umgebungstemperatur. Berechnet wurden die Kurven durch numerische Lösung der Grundgleichungen für den Wärme- und Stoffübergang in einer 2-Phasen Strömung. Wie die Kurvenverläufe zeigen, liegt der Gleichgewichtspunkt des Gemisches bei etwa 45°C , wobei der Dampfgehalt F bis dahin etwa um etwa einen Faktor 4 zunimmt. Die Schnelligkeit, mit der die Mischung dem Gleichgewichtszustand zustrebt, hängt stark von der Tropfengröße ab: Für Tropfen mit einem Durchmesser von $d=10\mu\text{m}$ wird das Gleichgewicht ca. 100mal schneller erreicht als für Tropfen von $d=100\mu\text{m}$. Grundsätzlich gilt, dass die Tropfengröße klein genug sein muss, um einen guten Wärmetausch zu bekommen, aber gross genug, um die Tropfen leicht wieder abscheiden zu können. Im vorliegenden Beispiel geschieht die Kühlung sowohl durch Verdampfung als auch durch die Aufnahme fühlbarer Wärme, wobei letztere etwa 25% der gesamten Kühlleistung ausmacht. Durch Erhöhung der zugegebenen Wassermenge kann dieser Anteil aber deutlich gesteigert werden. Im Grenzfall sehr grosser Wassermengen und/oder ausreichend geringer Wassertemperaturen am Eintritt, kann die Verdampfung von Wasser ganz unterbunden werden.

Um eine Abschätzung für die Baugröße des Zwischenkühlers 2 zu erhalten, muss die Zeit, die näherungsweise zum Erreichen des Gleichgewichts erforderlich ist, mit der geplanten Durchflussgeschwindigkeit im Wärmetauscher multipliziert werden. Bei sehr kleinen Tropfen von $d=10\mu\text{m}$ errechnet man im vorliegenden Fall für eine angenommene Luftgeschwindigkeit von $U=150\text{m/s}$ im Verdichter 1 eine Baulänge von nur 0.5m. Dies würde eine kompakte Integration des Wärmetauschers in den Verdichter 1 erlauben. Für grosse Tropfen von $d=100\mu\text{m}$ scheint dagegen ein deutlich grösserer Wärmetauscher mit einer Baulänge von 3-4m und einer auf ca. $U=20\text{-}30\text{m/s}$ verringerten Strömungsgeschwindigkeit erforderlich zu sein. Es muss hier allerdings darauf

hingewiesen werden, dass die untenstehenden Ergebnisse für den Fall gelten, dass es zwischen Tropfen und Luft zu keiner Relativbewegung kommt. In der Praxis dürften dagegen die Geschwindigkeiten von Luft und Wassertropfen voneinander abweichen, was zu einem erhöhten Austausch von Wärme und einer schnelleren Verdampfung führt. Dies verringert die erforderliche Baulänge eines Wärmetauschers (bzw. erlaubt grössere Strömungsgeschwindigkeiten bei gegebener Baulänge).

BEZUGSZEICHENLISTE

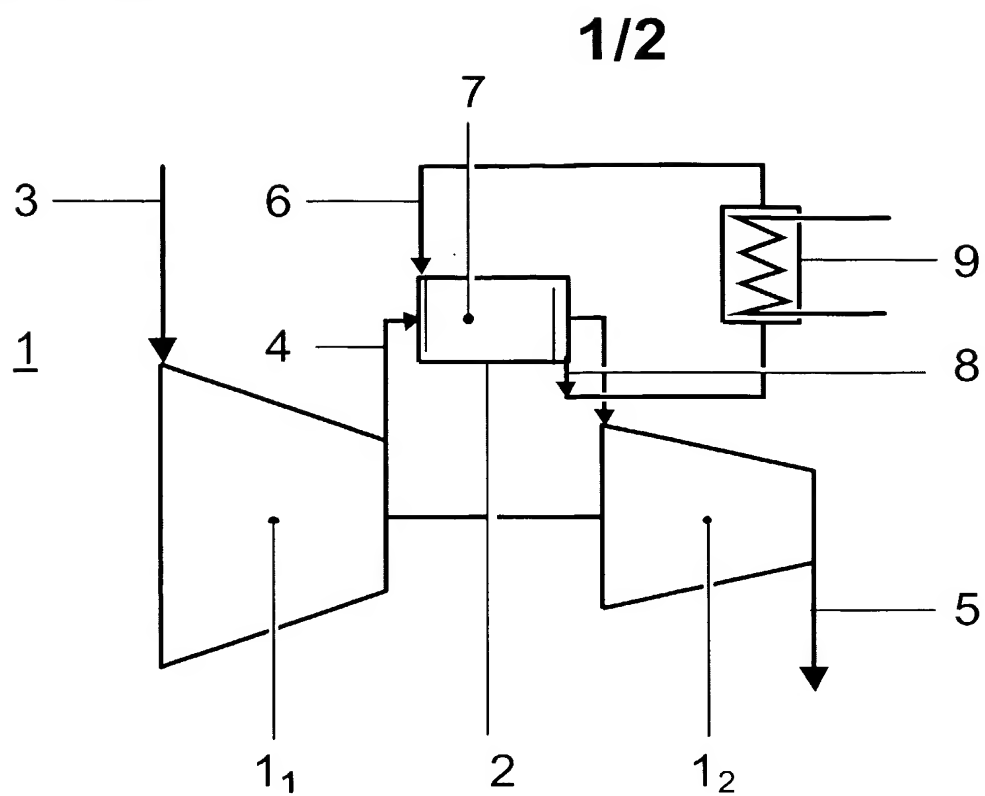
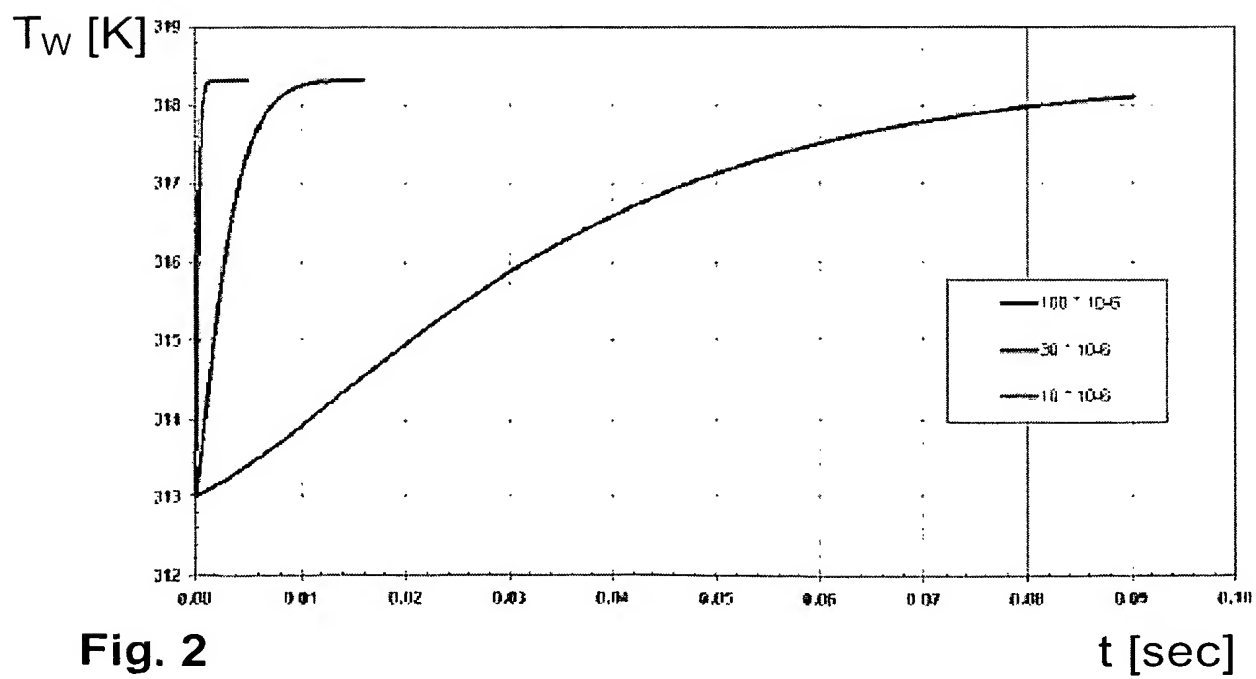
1	Verdichter
$1_1, 1_2$	Verdichterstufen
2	Zwischenkühler
3	gasförmiges Medium, Eintrittsluft
4	Teilverdichtete Luft
5	Endverdichtete Luft
6	Flüssiges Medium, Wasser
7	Zweiphasenströmung
8	Abgeschiedenes Wasser
9	Kühler
d	Tropfendurchmesser
T_w	Temperatur der flüssigen Phase im Zwischenkühler 2
T_L	Temperatur der gasförmigen Phase im Zwischenkühler 2
p	Druck
t	Zeit
U	Geschwindigkeit der Zweiphasenströmung 7
F	Dampfgehalt

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben eines Verdichters (1), wobei ein Zwischenkühler (2) zwischen zwei Stufen des Verdichters (1_1 , 1_2) angeordnet ist, wobei ein gasförmiges Medium (3) in der ersten Verdichterstufe (1_1) verdichtet wird und das teilverdichtete Medium (4) aus der ersten Verdichterstufe (1_1) in dem Zwischenkühler (2) geleitet und dort gekühlt wird, bevor es in eine nachfolgende Verdichterstufe (1_2) geleitet und dort weiter verdichtet wird, dadurch gekennzeichnet, dass
im Zwischenkühler (2) ein flüssiges Medium (6) in das gasförmige Medium (4) eingespritzt wird, so dass sich im Zwischenkühler (2) eine Zweiphasenströmung (7) mit einer flüssigen und einer gasförmigen Phase bildet, wobei das gasförmige Medium (4) durch eine Wärmeübertragung von dem gasförmigen Medium (4) auf das flüssige Medium (6) gekühlt wird, und dass vor dem Eintritt in die nachfolgende Verdichterstufe (1_2) die flüssige Phase abgeschieden wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
das gasförmige Medium (4) durch Temperaturerhöhung des flüssigen Mediums (6) gekühlt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
das gasförmige Medium (4) zusätzlich durch Verdampfung des flüssigen Mediums (6) gekühlt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass
das flüssige Medium (6) beim Einspritzen in den Zwischenkühler (2) in Tropfen zerstäubt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
das flüssige Medium (6) beim Einspritzen in den Zwischenkühler (2) in Tropfen mit einer Tropfengröße von kleiner 100 µm zerstäubt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Tropfen durch einen Tropfenabscheider abgeschieden werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die aus dem Zwischenkühler (2) abgeschiedene flüssige Phase gekühlt und dann erneut in den Zwischenkühler (2) eingespritzt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
während der Verdichtung das gasförmige Medium (4) mehrfach durch Einspritzen und Abscheiden eines flüssigen Mediums (6) zwischengekühlt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
das gasförmige Medium (3) in der ersten Verdichterstufe von Umgebungsdruck auf einen Druck von unter 3bar verdichtet wird, bevor es in den Zwischenkühler (2) geleitet und dort das flüssige Medium (3) eingespritzt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
das flüssige Medium (6) in dem Zwischenkühler (2) mit einer Temperatur von unter 5°C eingespritzt wird.

11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
Luft (3) in dem Verdichter (1, 1₁, 1₂) verdichtet und Wasser (6) in dem Zwischenkühler (2) eingespritzt wird.

**Fig. 1****Fig. 2**

2/2

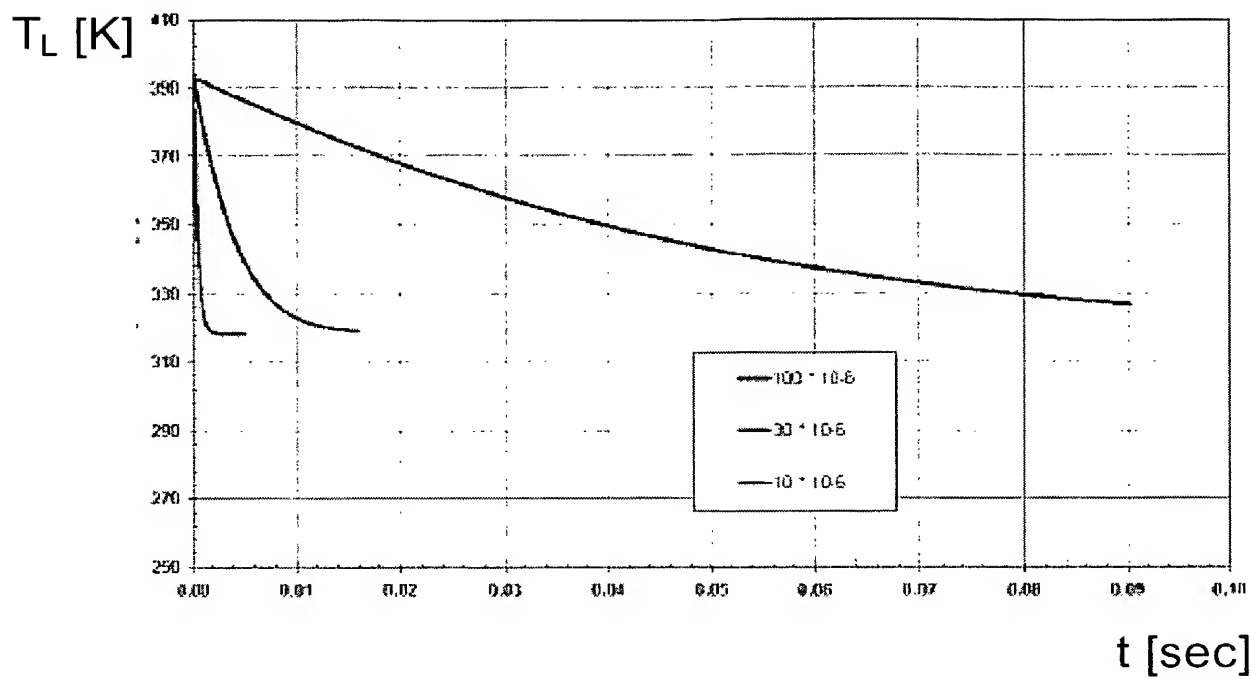


Fig. 3

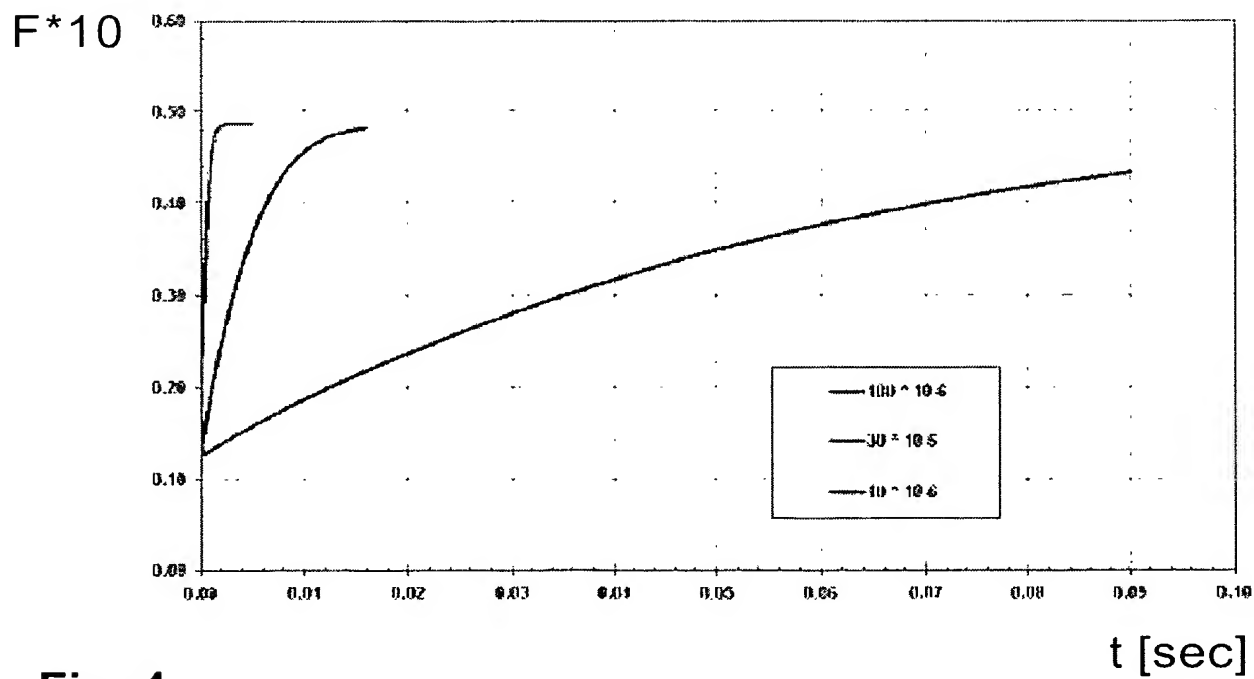


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern: pplication No

PCT/EP 03/50180

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F04D29/58 F02C7/143 F02C6/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F04D F02C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 1 028 254 A (LEUNA WERKE VEB) 4 May 1966 (1966-05-04)	1-4, 6, 8, 11
Y	claims 1, 2, 7; figure 1 ---	5, 7, 9, 10
Y	DE 199 13 681 A (ENTROPIE GMBH ; SAAR EN GMBH (DE)) 5 October 2000 (2000-10-05) cited in the application	5, 7, 10
A	the whole document ---	1-4, 9
X	DE 23 52 561 A (LINDE AG) 24 April 1975 (1975-04-24)	1-4, 6-9
Y	the whole document ---	9
A	EP 0 903 483 A (ROMABAU AG) 24 March 1999 (1999-03-24) abstract ---	1-5, 11
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

* & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 September 2003

Date of mailing of the international search report

06/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iverus, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern Application No
PCT/EP 03/50180

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2 840 182 A (ROWAND WILL H ET AL) 24 June 1958 (1958-06-24) the whole document ----	1-3
A	US 4 417 847 A (KUBE GEBHARD K) 29 November 1983 (1983-11-29) abstract ----	1-3
A	DE 197 32 268 A (EUROP GAS TURBINES GMBH) 21 January 1999 (1999-01-21) ----	
A	EP 0 561 011 A (ASEA BROWN BOVERI) 22 September 1993 (1993-09-22) ----	
A	EP 0 524 435 A (UNION CARBIDE IND GASES TECH) 27 January 1993 (1993-01-27) ----	
A	US 5 622 044 A (BRONICKI LUCIEN Y ET AL) 22 April 1997 (1997-04-22) -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern: Application No

PCT/EP 03/50180

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 1028254	A	04-05-1966	NONE	
DE 19913681	A	05-10-2000	DE 19913681 A1 AU 4284700 A WO 0058608 A1	05-10-2000 16-10-2000 05-10-2000
DE 2352561	A	24-04-1975	DE 2352561 A1 ES 430987 A1 FR 2248477 A1 GB 1449076 A IT 1022914 B JP 998656 C JP 50078568 A JP 54031758 B NL 7412792 A ,B, US 3947146 A	24-04-1975 16-10-1976 16-05-1975 08-09-1976 20-04-1978 30-05-1980 26-06-1975 09-10-1979 22-04-1975 30-03-1976
EP 0903483	A	24-03-1999	EP 0903483 A1	24-03-1999
US 2840182	A	24-06-1958	NONE	
US 4417847	A	29-11-1983	AU 8716982 A CA 1173741 A1 EP 0073097 A1 JP 58040101 A	17-02-1983 04-09-1984 02-03-1983 09-03-1983
DE 19732268	A	21-01-1999	DE 19732268 A1 WO 9904169 A1 WO 9904170 A1 EP 0995038 A1	21-01-1999 28-01-1999 28-01-1999 26-04-2000
EP 0561011	A	22-09-1993	EP 0561011 A1 CA 2091231 A1 JP 6010702 A	22-09-1993 17-09-1993 18-01-1994
EP 0524435	A	27-01-1993	US 5282726 A BR 9202357 A CA 2071664 A1 DE 69206908 D1 DE 69206908 T2 EP 0524435 A2 ES 2080990 T3 JP 5187359 A MX 9203062 A1	01-02-1994 26-01-1993 22-12-1992 01-02-1996 29-08-1996 27-01-1993 16-02-1996 27-07-1993 01-07-1993
US 5622044	A	22-04-1997	CN 1107932 A EG 20430 A ES 2114773 A1 GB 2280224 A IT MI941519 A1 JP 7166888 A US 2002050134 A1 US 6332321 B1 US 6119445 A BR 9304471 A CN 1092136 A ES 2068781 A2 IL 107530 A	06-09-1995 29-04-1999 01-06-1998 25-01-1995 23-01-1995 27-06-1995 02-05-2002 25-12-2001 19-09-2000 17-05-1994 14-09-1994 16-04-1995 20-06-1999

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern:

lication No

PCT/EP 03/50180

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5622044	A	IT 1273629 B	08-07-1997
		MX 9306959 A1	31-05-1994
		RU 2123610 C1	20-12-1998
<hr/>			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Interne ☐ Aktenzeichen

PCT/EP 03/50180

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F04D29/58 F02C7/143 F02C6/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F04D F02C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 1 028 254 A (LEUNA WERKE VEB) 4. Mai 1966 (1966-05-04)	1-4, 6, 8, 11
Y	Ansprüche 1, 2, 7; Abbildung 1 ---	5, 7, 9, 10
Y	DE 199 13 681 A (ENTROPIE GMBH ; SAAR EN GMBH (DE)) 5. Oktober 2000 (2000-10-05) in der Anmeldung erwähnt	5, 7, 10
A	das ganze Dokument ----	1-4, 9
X	DE 23 52 561 A (LINDE AG) 24. April 1975 (1975-04-24)	1-4, 6-9
Y	das ganze Dokument ----	9
A	EP 0 903 483 A (ROMABAU AG) 24. März 1999 (1999-03-24) Zusammenfassung -----	1-5, 11
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. September 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Iverus, D

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2 840 182 A (ROWAND WILL H ET AL) 24. Juni 1958 (1958-06-24) das ganze Dokument ----	1-3
A	US 4 417 847 A (KUBE GEBHARD K) 29. November 1983 (1983-11-29) Zusammenfassung ----	1-3
A	DE 197 32 268 A (EUROP GAS TURBINES GMBH) 21. Januar 1999 (1999-01-21) ----	
A	EP 0 561 011 A (ASEA BROWN BOVERI) 22. September 1993 (1993-09-22) ----	
A	EP 0 524 435 A (UNION CARBIDE IND GASES TECH) 27. Januar 1993 (1993-01-27) ----	
A	US 5 622 044 A (BRONICKI LUCIEN Y ET AL) 22. April 1997 (1997-04-22) -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat. Aktenzeichen

PCT/EP 03/50180

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 1028254	A	04-05-1966	KEINE
DE 19913681	A	05-10-2000	DE 19913681 A1 05-10-2000 AU 4284700 A 16-10-2000 WO 0058608 A1 05-10-2000
DE 2352561	A	24-04-1975	DE 2352561 A1 24-04-1975 ES 430987 A1 16-10-1976 FR 2248477 A1 16-05-1975 GB 1449076 A 08-09-1976 IT 1022914 B 20-04-1978 JP 998656 C 30-05-1980 JP 50078568 A 26-06-1975 JP 54031758 B 09-10-1979 NL 7412792 A ,B, 22-04-1975 US 3947146 A 30-03-1976
EP 0903483	A	24-03-1999	EP 0903483 A1 24-03-1999
US 2840182	A	24-06-1958	KEINE
US 4417847	A	29-11-1983	AU 8716982 A 17-02-1983 CA 1173741 A1 04-09-1984 EP 0073097 A1 02-03-1983 JP 58040101 A 09-03-1983
DE 19732268	A	21-01-1999	DE 19732268 A1 21-01-1999 WO 9904169 A1 28-01-1999 WO 9904170 A1 28-01-1999 EP 0995038 A1 26-04-2000
EP 0561011	A	22-09-1993	EP 0561011 A1 22-09-1993 CA 2091231 A1 17-09-1993 JP 6010702 A 18-01-1994
EP 0524435	A	27-01-1993	US 5282726 A 01-02-1994 BR 9202357 A 26-01-1993 CA 2071664 A1 22-12-1992 DE 69206908 D1 01-02-1996 DE 69206908 T2 29-08-1996 EP 0524435 A2 27-01-1993 ES 2080990 T3 16-02-1996 JP 5187359 A 27-07-1993 MX 9203062 A1 01-07-1993
US 5622044	A	22-04-1997	CN 1107932 A 06-09-1995 EG 20430 A 29-04-1999 ES 2114773 A1 01-06-1998 GB 2280224 A 25-01-1995 IT MI941519 A1 23-01-1995 JP 7166888 A 27-06-1995 US 2002050134 A1 02-05-2002 US 6332321 B1 25-12-2001 US 6119445 A 19-09-2000 BR 9304471 A 17-05-1994 CN 1092136 A 14-09-1994 ES 2068781 A2 16-04-1995 IL 107530 A 20-06-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern:

Aktenzeichen

PCT/EP 03/50180

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5622044 A		IT 1273629 B	08-07-1997
		MX 9306959 A1	31-05-1994
		RU 2123610 C1	20-12-1998
